

水田圃場枕地における排水性改善効果について

北海道農政部農村計画課 大方緒憲

北海道空知総合振興局 平沢 俊・大井 寛

(一財) 北海道農業近代化技術研究センター ○小林英徳

1. はじめに

空知総合振興局管内の水田地帯には、排水不良な粘質土壌が広く分布しており、これまでに農業農村整備事業により多くの暗渠排水整備が進められてきた。

1980年代には、排水性向上、持続性向上のための疎水材投入、その後地域発生資材の活用など疎水材の多様化、2000年に入ると長寿命化（暗渠管内洗浄）のための集中管理孔方式の導入など、整備内容、整備水準が進化してきた。

しかし、農作業機械が転回する水田の枕地部では、収穫期に多水分状態での作業を余儀なくされた場合、こね返しによる泥濘化や轍の形成により排水性が悪化し、停滞水や湛水が生じ、その後の営農作業の支障となっている。特に、多水分状態となる融雪期・秋期や、近年の多雨条件では、その傾向が顕著であり排水性改善のための対策が求められている。

このような背景から、2014年秋期に滝川市及び深川市に、枕地部分の作土層直下に異なる間隔で疎水材を置換または充填した試験圃場を設定し、2015年に実施した各試験圃場の調査データをもとに、2016年に枕地排水対策の改善手法を検討するための中間報告を行った。

本報では、上記の各試験圃場において、2015年～2017年の継続調査で得られたデータをもとに、水田圃場枕地における排水性改善対策の効果について報告する。

2. 調査方法

(1) 試験圃場の設定

空知管内の水田地帯の代表的な土壌は、粘性の強い細粒グライ土、細粒グライ低地土、細粒灰色台地土などであり、このうち台地土が分布する滝川地域、低地土が分布する深川地域に試験圃場を設置した。

試験圃場は全て2012年に区画整理工事を行い、その工事において暗渠排水工（配線方式：くし型、吸水渠間隔：10m、疎水材：ピリ砂利）も実施済である。

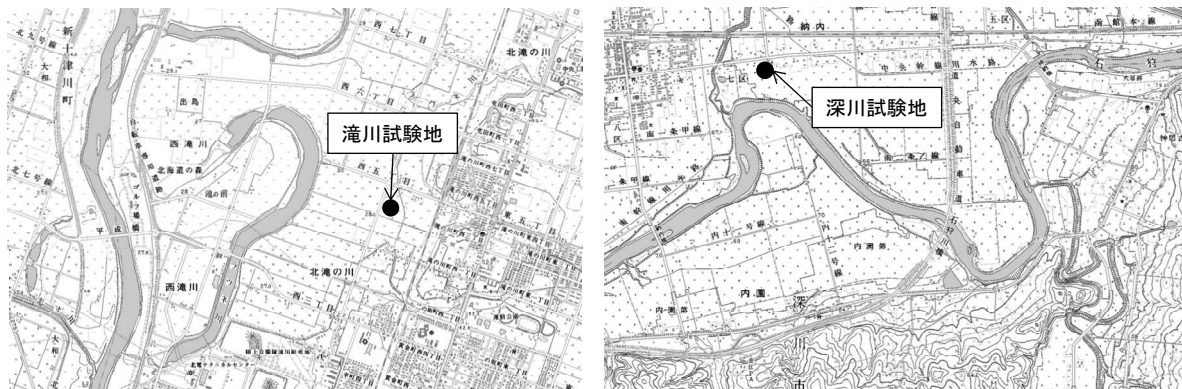


図-1 調査圃場位置図

試験圃場は、枕地部分に排水改良対策を実施した試験区を3区、未実施の対照区を1区設定（2015年～2017年）した。さらに、2017年に滝川試験地において対照区（対照区②）を追加設定した。

排水改良対策は、暗渠排水に余剰水（重力水）を速やかに導くために、作土層の直下に疎水材を敷設（置換または充填）することとし、疎水材には暗渠排水工の疎水材と同じ「ビリ砂利」を使用した。ただし、深川試験地の試験区1（全面疎水材設置）は、2015年の田植え時にビリ砂利内に田植機の車輪がはまり、田植作業が実施できなかったため、収穫後に疎水材をビリ砂利から碎石に置き換えた。

試験区1～3の改良内容は、次のとおりである。

【試験区の改良内容】

試験区1：全面疎水材設置（作土直下を疎水材と置換）

試験区2・試験区3：溝型疎水材設置（掘削溝に疎水材を充填）

試験圃場の各種条件は表-1、調査地点の位置関係を表-2、疎水材敷設状況は写真-1、写真-2に示す。なお、試験区の排水改良範囲（疎水材の敷設範囲）は、「吸水渠の1本目と2本目の間から圃場の端部までを改良区間とする」こととして設定したため、滝川試験地は10m、深川試験地は8.5～9.0mとなり、試験圃場により改良範囲が異なる。

表-1 試験区設置条件一覧

試験地域	試験区No.	現地調査実施期間	枕地部分(10m区域)疎水材設置状況	枕地部分疎水材	溝型間隔	面積 (ha)
滝川	1	2015～2017	全面疎水材設置	ビリ砂利(5～25mm)	-	0.79
	2	2015～2017	溝型疎水材設置	ビリ砂利(5～25mm)	@2.5m	0.79
	3	2015～2017	溝型疎水材設置	ビリ砂利(5～25mm)	@5.0m	0.79
	対照区①	2015～2017	疎水材なし	なし	なし	0.79
	対照区②	2017	疎水材なし	なし	なし	0.79
深川	1	2015	全面疎水材設置	ビリ砂利(5～25mm)	-	0.65
		2016～2017	全面疎水材設置	碎石(～80mm)	-	0.65
	2	2015～2017	溝型疎水材設置	ビリ砂利(5～25mm)	@5.0m	0.63
	3	2015～2017	溝型疎水材設置	ビリ砂利(5～25mm)	@10.0m	0.63
	対照区①	2015～2017	疎水材なし	なし	なし	0.30

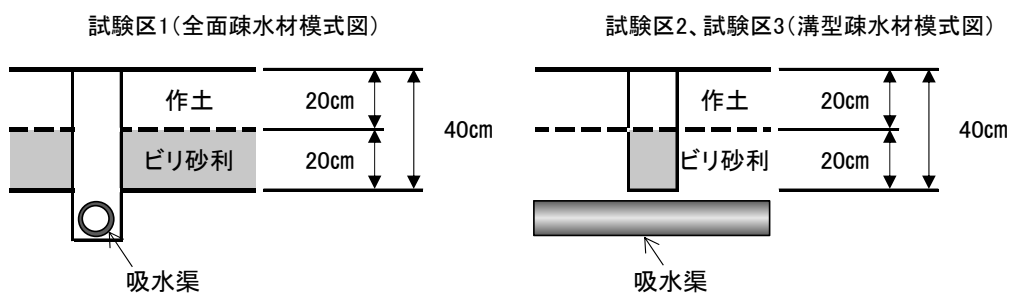


図-2 疎水材設置状況

表-2 各試験区における調査地点一覧

試験地域	試験区No.	距離 (m)								
		a	b	c	d	e	f	g	h	i
滝川	1	5.0	10.0	10.0	5.0	7.5	3.8	7.5		
	2	5.0	10.0	10.0	5.0	7.5		7.5	2.5	1.3
	3	5.0	10.0	10.0	5.0	7.5		7.5	5.0	2.5
	対照区①	5.0	10.0	10.0	5.0	7.5		7.5		
	対照区②	5.0	10.0	10.0	5.0	7.5		7.5		
深川	1	5.0	10.0	8.0	3.5	7.5	2.6	6.8		
	2	5.0	10.0	8.0	4.0	7.5		7.0	5.0	2.5
	3	5.0	10.0	8.0	3.5	7.5		6.8	10.0	5.0
	対照区①	5.0	10.0	8.0	4.0	7.5		7.0		

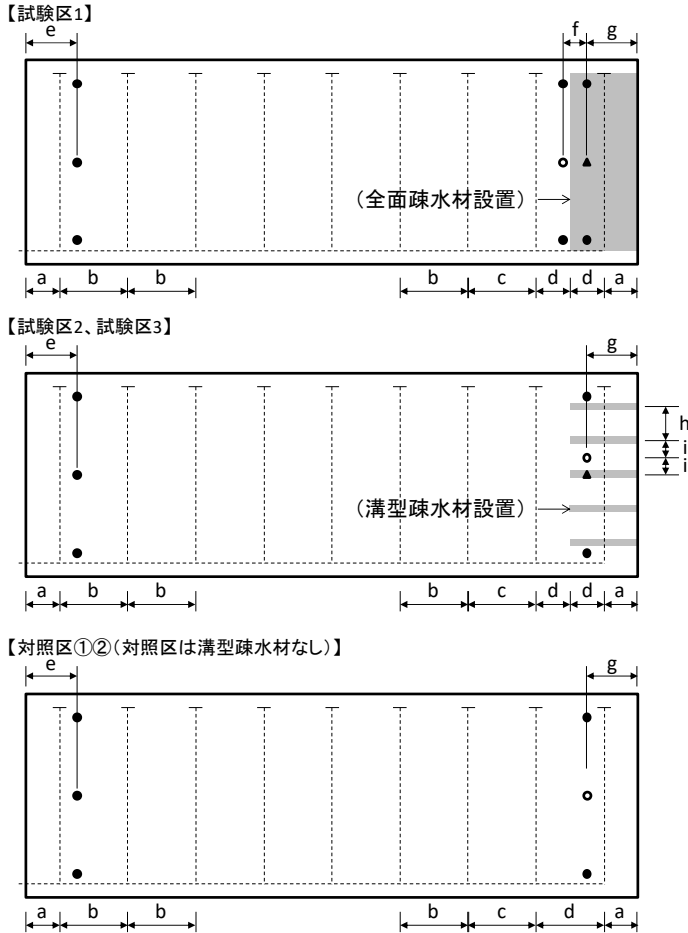


図-3 試験区内調査地点模式図



写真-1 全面疎水材設置



写真-2 溝型疎水材設置

凡 例	
○	土壌水分(疎水材渠間部)および地耐力調査地点
▲	土壌水分(疎水材直上部)および地耐力調査地点
●	地耐力調査地点

(2) 調査項目

①降水量

降水量の経時変化を把握するために、滝川試験地、深川試験地の代表地点各1ヶ所（計2ヶ所）に気象観測機器（ロガー式）を設置し、1時間毎の降水量データを取得した。

②土壌水分ポテンシャル（pF値の変化、水分量の変化）

土壌水分ポテンシャル、水分量の変化を把握するために、各試験地の試験区及び対照区に土壌水分計（ロガー式）を設置した（図-4：標準的な設置模式図）。

測定期間は、水田の落水後から収穫前までの水稻栽培期間と収穫後の秋期とした。

各試験区の測定深度は、15cm（作土層）・25cm（耕盤層）・35cm（心土層）の3深度とした。対照区を除く各試験区は、作土直下に疎水材を充填した地点（疎水材充填区）と疎水材のない地点（疎水材渠間区）の双方において測定を実施した。

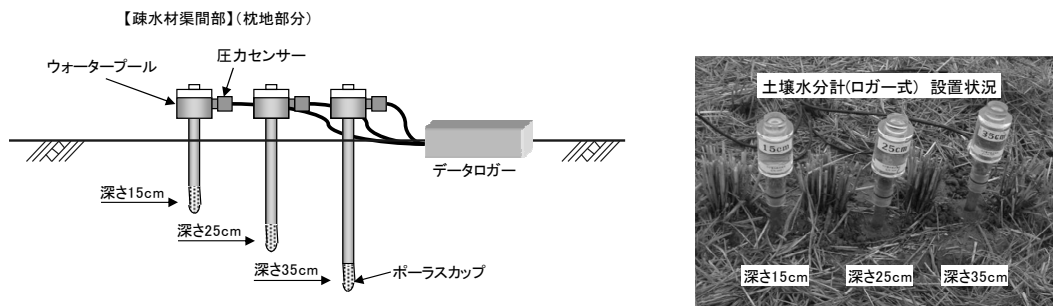


図-4 土壌水分計（ロガー式）標準的な設置模式図

③地耐力（コーン指数）

「土地改良事業計画基準 計画 ほ場整備（水田）」では、収穫時における農業機械（コンバイン：セミクローラ）の必要地耐力について、田面から深さ0～15cmの間を5cmごとに測ったコーン指数（単位：MPa）の4点平均値が0.29MPa以上であることを目標とし、最小値は0.1MPa以上であることをしている。

このことから、各試験区における収穫前の地耐力の差異を確認するために、貫入式土壌硬度計によりコーン指数を測定した。

④収穫作業における農業機械の走行時間

収穫作業における農業機械の走行時間を把握するために、滝川試験地においてコンバインにDGPS（相対測位）を設置し、各試験区及び対照区の枕地部分（用水路側）における走行時間を測定し、水田面積1haに換算した。

⑤農家聞き取り

試験圃場を設定した各試験地の農家に対し、各試験区における営農作業状況等について聞き取り調査を行った。

3. 調査結果

(1) 降水量

2015～2017年における現地の旬別降水分布と平年値（アメダス滝川及び深川地点1981～2010年の30年平均値）の推移を図-5に示す。

滝川試験地における収穫期（9月中旬）の旬別降水量をみると、2015年及び2016年は平年値（アメダス滝川地点1981～2010年の30年平均値）を下回る少雨傾向（2015年：平年比94%、2016年：平年比54%）であった。一方、2017年は平年値を大幅に上回る大雨（平年比279%）となり、多水分状態での収穫作業を余儀なくされた。

深川試験地における収穫期の旬別降水量をみると、2015年（10月上旬）はほぼ平年並みであった（平年比103%）が、2016年（9月下旬：平年比16%）及び2017年（10月上旬：平年比51%）は平年値を下回る少雨傾向であった。

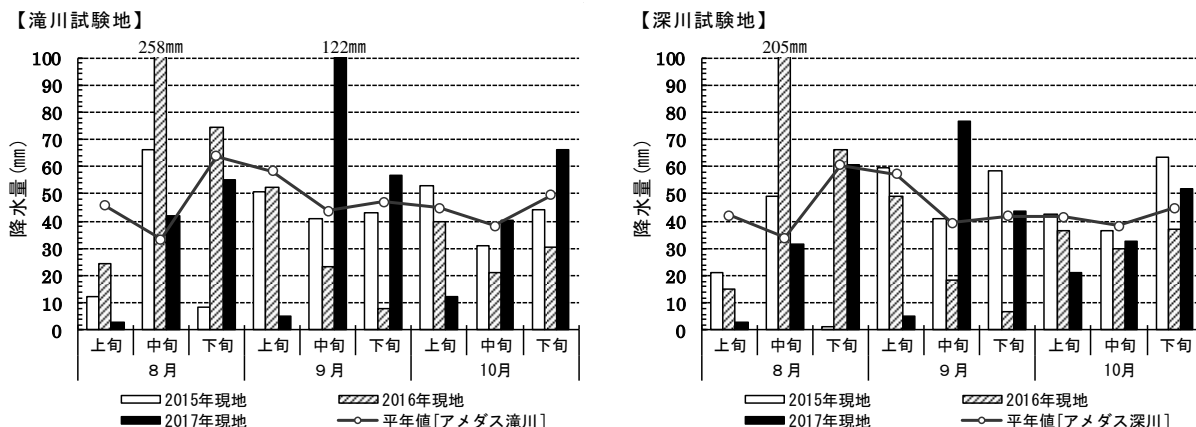


図-5 各試験地における旬別降水量の比較（2015～2017年）

(2) 土壌水分ポテンシャル

収穫時の農作業機械の走行性（地耐力）の評価では、深度 15cm までの測定データで評価するのが一般的である。

よって、各試験区の収穫前における疎水材設置区域（用水路側）の渠間中央部（疎水材渠間区）と対照区の深度 15cm の土壌水分ポテンシャル（pF 値）の時間変動（降雨後に最も多水分状態となった時間から pF1.5 程度までの回復時間）を比較した。

なお、pF1.5 は土中の重力水が排除され、土壌の練り返しが生じないとされる指標の水分状態である。

①降雨後 pF 値の時間変動の比較

【滝川試験地】（表-3・図-6,7,8 参照）

9月中旬の旬別降水量が平年値を下回った 2015 年及び 2016 年は、降雨後であっても深度 15cm の pF 値が飽和状態まで低下しない試験区がみられた。一方、2017 年は平年値を大幅に上回る大雨の影響で pF1.5 を下回る湿潤期間が多く、各試験区はいずれも pF1.5 を超える状態まで回復したが、対照区①及び対照区②は pF1.5 以下で推移した。

pF 値の回復時間（乾燥速度）は、試験区 1（全面疎水材）と試験区 3（溝型疎水材@5m）が同等で最も早く、次いで試験区 2（溝型疎水材@2.5m）>対照区①>対照区②の順となり、各試験区の回復時間が対照区よりも短時間であった。

表-3 滝川試験地における降雨後 pF 値の時間変動の比較

調査期	降雨後pF値の回復時間(h)				
	試験区1	試験区3	試験区2	対照区①	対照区②
2015年 収穫前 (9/13~9/15)	試験区1 24	試験区3 25	試験区2 30	対照区① 52	-
2016年 収穫前 (9/16~9/18)	試験区1 18	試験区3 18	対照区① 26	試験区2 29	-
2017年 収穫前 (9/16~9/18)	試験区3 26	試験区1 27	試験区2 29	対照区① pF1.5以下	対照区② pF1.5以下
平均回復時間	試験区1 23	試験区3 23	試験区2 29	対照区① 39	対照区② pF1.5以下

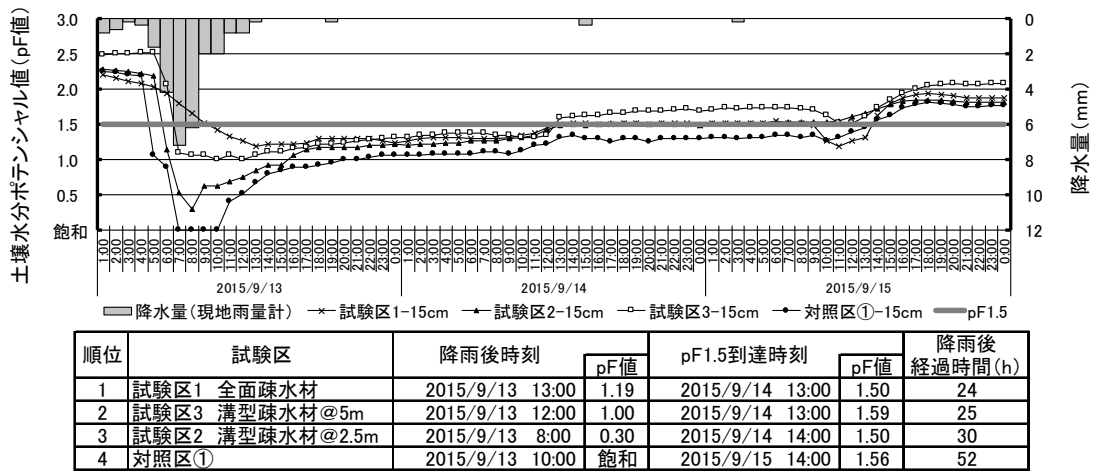


図-6 滝川試験地における土壤水分ポテンシャルの変動と pF1.5 到達時間 (2015 年)

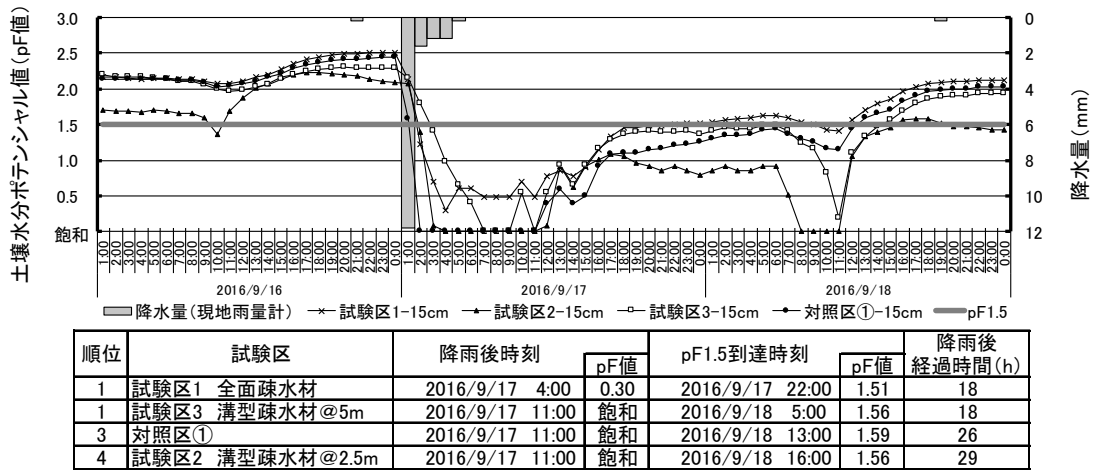


図-7 滝川試験地における土壤水分ポテンシャルの変動と pF1.5 到達時間 (2016 年)

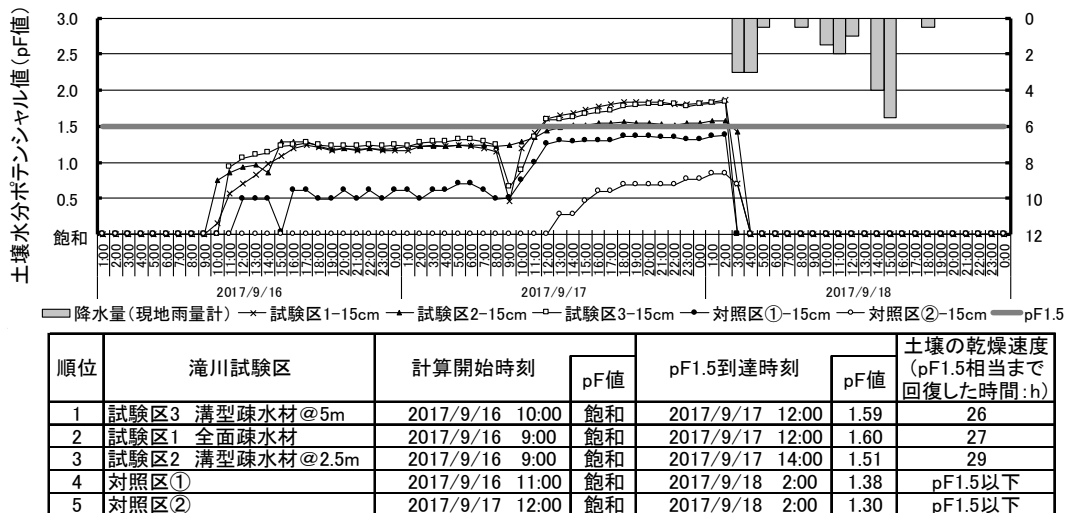


図-8 滝川試験地における土壤水分ポテンシャルの変動と pF1.5 到達時間 (2017 年)

【深川試験地】 (表-4・図-9,10,11 参照)

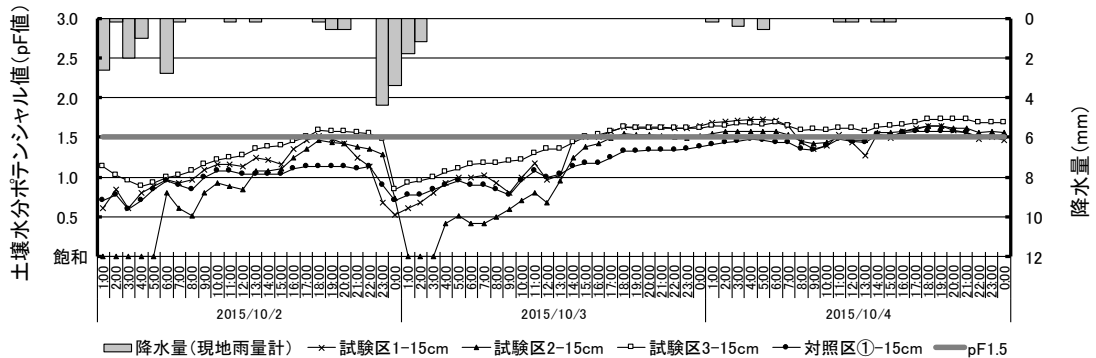
2015 年における収穫期の旬別降水量 (10 月上旬) は平年並みであったが、降雨後であっても深度 15cm の pF 値が飽和状態まで低下しない試験区がみられた。一方、2016 年及

び2017年の収穫期は少雨傾向であったが、各試験区とも降雨後に飽和状態となり、その後、pF1.5を超える状態まで回復した。

pF値の回復時間（乾燥速度）は、試験区1（全面疎水材）が最も早く、次いで試験区2（溝型疎水材@5m）と試験区3（溝型疎水材@10m）が同等の回復時間となっており、各試験区の回復時間が対照区よりも短時間であった。

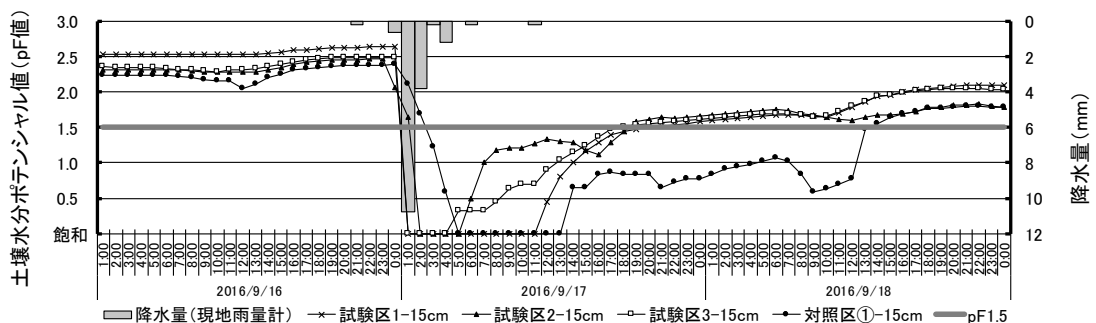
表-4 深川試験地における降雨後 pF 値の時間変動の比較

	調査期	降雨後pF値の回復時間(h)			
		試験区1	試験区2	試験区3	対照区①
2015年	収穫前 (10/3~10/4)	試験区1 15	試験区2 15	試験区3 15	対照区① 38
2016年	収穫前 (8/26~8/28)	試験区1 9	試験区2 14	試験区3 14	対照区① 25
2017年	収穫前 (9/24~9/26)	試験区1 23	試験区2 26	試験区3 26	対照区① 31
平均回復時間		試験区1 16	試験区2 20	試験区3 20	対照区① 28



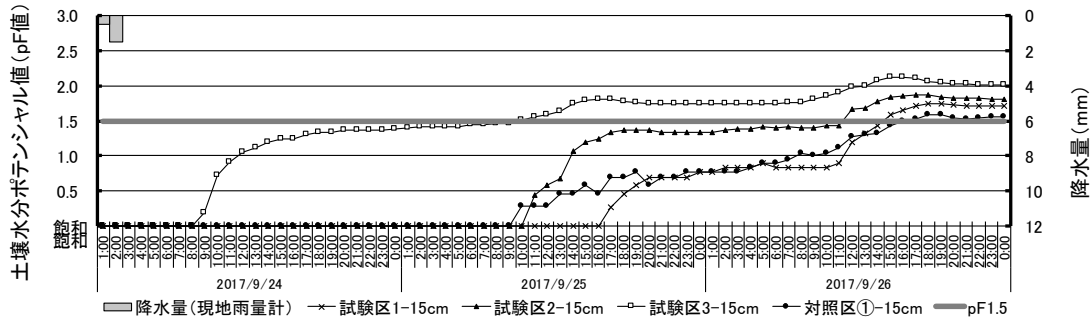
順位	試験区	降雨後時刻	pF1.5到達時刻		降雨後経過時間(h)	
			pF値	pF値		
1	試験区1 全面疎水材	2015/10/3 0:00	0.53	2015/10/3 15:00	1.51	15
1	試験区2 溝型疎水材@2.5m	2015/10/3 3:00	飽和	2015/10/3 18:00	1.55	15
1	試験区3 溝型疎水材@5m	2015/10/3 0:00	0.84	2015/10/3 15:00	1.50	15
4	対照区	2015/10/3 0:00	0.70	2015/10/4 14:00	1.53	38

図-9 深川試験地における土壤水分ポテンシャルの変動と pF1.5 到達時間（2015年）



順位	試験区	降雨後時刻	pF1.5到達時刻		降雨後経過時間(h)	
			pF値	pF値		
1	試験区1 全面疎水材	2016/9/17 11:00	飽和	2016/9/17 20:00	1.52	9
2	試験区2 溝型疎水材@2.5m	2016/9/17 5:00	飽和	2016/9/17 19:00	1.59	14
2	試験区3 溝型疎水材@5m	2016/9/17 4:00	飽和	2016/9/17 18:00	1.51	14
4	対照区①	2016/9/17 13:00	飽和	2016/9/18 14:00	1.55	25

図-10 深川試験地における土壤水分ポテンシャルの変動と pF1.5 到達時間（2016年）



順位	深川試験区	降雨後時刻	pF値	pF1.5到達時刻	pF値	降雨後経過時間(h)
1	試験区1 全面疎水材	2017/9/25 16:00	飽和	2017/9/26 15:00	1.58	23
2	試験区2 溝型疎水材@5m	2017/9/25 10:00	飽和	2017/9/26 12:00	1.66	26
2	試験区3 溝型疎水材@10m	2017/9/24 8:00	飽和	2017/9/25 10:00	1.51	26
4	対照区①	2017/9/25 9:00	飽和	2017/9/26 16:00	1.50	31

図-11 深川試験地における土壤水分ポテンシャルの変動と pF1.5 到達時間（2017年）

(3) 地耐力（コーン指数）

水稻の収穫前に、各試験区の疎水材設置区域（用水路側）の渠間中央部（疎水材渠間区）及び対照区において地耐力調査を実施した（表-5 参照）。

滝川試験地の各試験区及び対照区における地耐力を比較すると、9月中旬の旬別降水量が平年値を下回った2015年及び2016年は、いずれも目標値（0.29MPa）を満足した。一方、2017年は大雨の影響で全体的に地耐力が小さく、試験区2及び対照区②はわずかに目標値を下回っており、コンバイン（セミクローラ）の走行がやや難に該当した。

深川試験地は、収穫前の降水量が平年並み～少雨傾向であったことから、いずれも目標値（0.29MPa）を満足しており、試験区1及び試験区3の地耐力は全て対照区を上回った。また、試験区2の地耐力も2016年を除き、対照区を上回った。

表-5 収穫前における地耐力調査結果

		調査期	地耐力調査結果【目標値】収穫時:コンバイン0.29MPa				
滝川試験地	2015年	収穫前(9/18)	0.29以上	試験区1 > 1.12	試験区3 > 0.99	対照区① > 0.68	試験区2 > 0.49
			0.29未満	該当なし			
	2016年	収穫前(9/21)	0.29以上	試験区3 ≥ 0.77	試験区1 ≥ 0.71	対照区① > 0.67	試験区2 > 0.40
			0.29未満	該当なし			
	2017年	収穫前(9/20)	0.29以上	試験区1 ≥ 0.36	試験区3 ≥ 0.35	対照区① > 0.33	
			0.29未満	対照区② ≥ 0.27	試験区2 > 0.26		
深川試験地	2015年	収穫前(10/7)	0.29以上	試験区1 > 1.06	試験区2 ≥ 0.94	試験区3 > 0.91	対照区① > 0.71
			0.29未満	該当なし			
	2016年	収穫前(9/26)	0.29以上	試験区3 > 1.29	試験区1 > 1.17	対照区① > 0.90	試験区2 > 0.82
			0.29未満	該当なし			
	2017年	収穫前(10/2)	0.29以上	試験区3 ≥ 0.44	試験区1 ≥ 0.39	試験区2 ≥ 0.36	対照区① > 0.31
			0.29未満	該当なし			

(4) 収穫作業における農業機械の走行時間

滝川試験地における2017年の収穫作業時に、コンバインにDGPS（相対測位）を設置し、

各試験区及び対照区の枕地部分（用水路側）の走行時間を測定し、水田面積 1ha に換算した（表-6 参照）。

枕地作業時間は、試験区 3（0.35h/ha）が最も短く、ついで試験区 1（0.40h/ha）となり、いずれも対照区①の作業時間（0.41h/ha）を下回った。一方、試験区 2（0.41h/ha）は対照区①と同等であったが、対照区②（0.47h/ha）よりも短くなっている。

2017 年における収穫前の土壌水分ポテンシャル（深度 15cm の pF 値）は、対照区②が最も湿潤で、地耐力についても他の試験区を下回っており、枕地の排水不良によりコンバインの作業速度が低下したと考えられる。

表-6 収穫作業における用水路側枕地部分の作業時間

枕地作業 (用水側)	試験区1(全面疎水材設置) ビリ砂利:5~25mm				試験区2(溝型疎水材設置@2.5m) ビリ砂利:5~25mm				試験区3(溝型疎水材設置@5m) ビリ砂利:5~25mm			
	実作業時間(h)		水田1ha当り(h/ha)		実作業時間(h)		水田1ha当り(h/ha)		実作業時間(h)		水田1ha当り(h/ha)	
	作業回数	(枕地面積 A=0.05ha)	換算回数	(枕地面積 A=0.07ha)	作業回数	(枕地面積 A=0.05ha)	換算回数	(枕地面積 A=0.07ha)	作業回数	(枕地面積 A=0.05ha)	換算回数	(枕地面積 A=0.07ha)
角地	3	0:03:47	3	0.06	4	0:04:55	4	0.08	4	0:04:12	4	0.07
枕地走行	11	0:07:45	11	0.16	15	0:08:09	15	0.17	12	0:07:15	12	0.15
転回	24	0:08:41	30	0.18	20	0:07:33	25	0.16	20	0:06:18	25	0.13
合計		0:20:13		0.40		0:20:37		0.41		0:17:45		0.35

枕地作業 (用水側)	対照区①				対照区②			
	実作業時間(h)		水田1ha当り(h/ha)		実作業時間(h)		水田1ha当り(h/ha)	
	作業回数	(枕地面積 A=0.05ha)	換算回数	(枕地面積 A=0.07ha)	作業回数	(枕地面積 A=0.05ha)	換算回数	(枕地面積 A=0.07ha)
角地	3	0:03:05	3	0.05	4	0:09:05	4	0.15
枕地走行	11	0:07:50	11	0.17	8	0:06:52	8	0.15
転回	22	0:08:48	29	0.19	21	0:07:50	27	0.17
合計		0:19:43		0.41		0:23:47		0.47

※枕地走行及び転回は、試験圃場(短辺長55m)の実作業時間を水田1ha換算で70mとして算定。



写真-3 収穫作業後の対照区②

(5) 農家聞き取り調査結果

【滝川試験地の協力農家】

耕起・砕土時は、もともとの排水性が不良であった試験区 1 と試験区 2 で作業機械の走行性が改善されている。

代かき作業時では、2015 年に試験区 1 で作業機械がぬかる危険性を感じており、その後の田植作業時においても作業機械が砂利の上を走行している感覚があったが、収穫作業時には不具合がなく、2016 年以降は経年的に改善された。

収穫作業では、轍にならないよう作業機械の急速な転回を行わないよう営農努力による対応を行っており、2017 年は対照区②でこね返しによる泥濘化や轍の形成がみられたが、枕地排水対策を実施した試験区では特に問題はなく、枕地排水改良効果を感じている。

また、各試験区とも枕地排水改良効果により施工前に比べて圃場が安定してきた。

【深川試験地の協力農家】

2015 年の代かき作業時において、試験区 1 の枕地排水改良部分（全面疎水材設置）でホイールトラクタによる作業が困難であったため、フルクローラトラクタに変更したが改善されず、その後の田植作業時にビリ砂利内に田植機の車輪がはまり、作業機械の走行が不安定な状況であった。このため、2015 年秋期にビリ砂利（25mm）を碎石（80mm）に置換した結果、2016 年以降は改善された。

枕地排水改良を実施する場合、表土は 20～25cm は必要である。さらに、改良工法は全面疎水材設置の試験区 1 では、り底盤を壊してしまうため、溝型疎水材設置の試験区 2 及び試験区 3 が適している。

(6) 調査結果のまとめ

枕地排水改良は、枕地の排水性を改善し、多雨条件下の秋期でも余剰水（重力水）を速やかに暗渠（吸水渠）に誘導し、作土の含水比を低下させることで、作業機械の走行性を確保し、収穫作業時のこね返しによる泥濘化や、轍の形成を抑制することがねらいである。

降雨後 pF 値の時間変動から、各試験地とも pF1.5 までの回復時間が対照区に比べて短時間であったことから、対策工の施工の効果が発現し、「枕地部下層の排水性が改善」されていたと判断できる。また、滝川試験地では、収穫前（9 月中旬）に少雨傾向であった 2015 年の pF 値の回復時間（pF1.5 まで低下しないで回復：24～30 時間）と、平年値を上回る大雨であった 2017 年の回復時間（飽和から回復：26～29 時間）が同等であることから、対策工の施工により枕地部の排水性が経年的に改善されたと評価できる。

さらに、コーン指数による地耐力評価では、試験区 1 及び試験区 3 については収穫期において農作業機械の走行性の目標値を上回っており、「作業機械の走行性が確保されていた」と判断できる。

各試験区間の枕地排水改良効果について 3 段階で判定した（表-7 参照）。

表-7 調査データによる排水性改善効果（対策工）の判定

		滝川試験地					深川試験地			
		試験区 1 (全面)	試験区 2 (2.5m)	試験区 3 (5m)	対照区 ①	対照区 ②	試験区 1 (全面)	試験区 2 (5m)	試験区 3 (10m)	対照区 ①
対策前	施工前における圃場の排水性（農家聞き取り）	△	△	○	◎	△	△	○	◎	
対策後	降雨後 pF 値の時間変化	◎	○	◎	△	△	◎	○	○	△
	地耐力 コンバイン：収穫 0.29MPa 以上	◎	△	◎	○	△	◎	◎	◎	◎
	収穫作業における 機械作業時間	○	○	◎	○	△	—	—	—	—
	施工費	×	△	○	—	—	×	○	○	—
総合評価		○	○	◎	○	△	○	◎	◎	○

4. おわりに

今回の枕地排水対策では、全面疎水材設置と溝型疎水材設置の試験区を設定した。

対照区に比べ良好な結果は得られたが、試験圃場のもともとの土壌が、排水性に関与する粗間隙が小さいといった粘質土の特性や、施工前の圃場条件において、排水性の悪い順に枕地排水改良効果が高いと想定される対策工法を実施したことで、試験区間の差異が緩和されたことなどが要因と思われるが、総合的な判定では、滝川試験地では試験区 3（溝型疎水材設置@5m）、深川試験地では試験区 2（溝型疎水材設置@5m）及び試験区 3（溝型疎水材設置@10m）が良好となった。試験区 1（全面疎水材設置）は、作業機械の走行が不安定な状況となったり、農家聞き取りにおいて、溝型疎水材設置が適しているとの評価が得られていることから、試験区 2 及び試験区 3（溝型疎水材設置）が最適と判断される。

今後は、枕地部における排水性改善効果の持続性の確認も重要と考えられる。